

動物実験に替わる防火材料のガス有害性評価手法の開発

防火研究グループ 研究員 趙 玄素

I はじめに

平成 12 年に建築基準法が改正され、防火材料を評価する国土交通大臣認定に関わる性能評価試験に、発熱性試験等の他に、ガス有害性試験が定められた。ガス有害性試験は、22cm 角の材料片を加熱して発生した燃焼ガスをマウスに曝し、その行動停止時間を基準値 6.8 分と比較することによってガスの有害性を評価している。

現行のガス有害性試験は重用されているものではあるが、マウスを用いた動物試験であり、動物愛護の観点から好ましいものではない。世界的に見ても、たとえば、90 年代のアメリカニューヨーク市では、家具や内装材の毒性評価に動物試験が使われていたが、現在は試験法が廃止されている。欧州諸国では、ガス有害性を評価する手法として、燃焼ガス成分の定量分析手法が使用されている。

本研究は、ガス有害性試験において、ガス濃度計測を同時に行い、本来的に計測されるマウスの行動停止時間に加え、各ガス成分量を計測した。各ガス成分量から ISO の方法に従って毒性値を算出し、マウスの行動停止時間と比較した。統計処理を施すことで、材料のガス有害性の可否をマウス試験を行わずに判定できる毒性値の範囲を示した。

II 本研究における実験概要

図 1 に示す試験装置を用いて、加熱試験を行った。実験は、攪拌箱内に後述する試験体を設置し、一次空気供給装置から 3L/分、二次空気供給装置から 25L/分の空気を供給しながら、液化石油ガスを熱源として 3 分間加熱後、1.5kW 電気ヒーターを加えて 3 分間加熱し、生成する燃焼ガスを被検箱へ送った。被検箱内は、温度を 30°C 以下とし、マウスを一匹ずつ入れた回転かごを 8 個設置した。被検箱からの排気量は 10L/分とし、加熱開始 15 分後、実験を終了した。実験中、マウスの行動停止時間を記録し、行動停止に至らない場合は 15 分とした。今回の実験では、燃焼生成ガスを成分分析するため、排気口からサンプリングし、フーリエ変換赤外分光連続ガス分析装置（以下、FTIR）でガス濃度の測定を行った。試験体は、壁紙（ポリ

エステル、塩化ビニル、絹、レーヨン）、PET200 μ m、ナイロン（200、400 μ m）、スギ（不燃レベル、準不燃レベル、無処理）、ラワン、フォーム材（ヌレート、ウレタン）、アクリル（200 μ m）、ウレタン（200g/m²）の 15 種類とした^{注1)}。

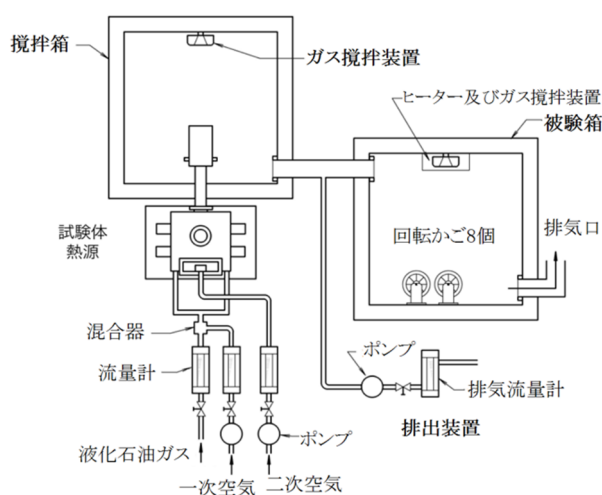


図 1 ガス有害性試験装置の概略図

III 実験結果

それぞれの試験におけるマウスの平均行動停止時間と毒性値を図 2 に示す^{注2)}。毒性値の計算は、ネズミ科のラットの行動に基づき構築された ISO13344^{×1)} の定式に各ガス成分を代入し、単位時間の積分値として毒性値を求めた。毒性値の導出には、人間に対する曝露時間や吸収線量によって評価する ISO13571^{×2)} の定式も提案されているが、本試験結果では、マウスの行動停止時間との関係性が弱かった。この点は改めて考察したい。

ガス有害性試験を複数回行った際に、95%の結果が含まれるであろう範囲を特定するため、限られるデータ数ではあるが、毒性値の 95%信頼区間の下限と上限の近似式を求めた。平均行動停止時間を X_s 、毒性値を L_{FD} とすると、それぞれ、 $X_s = -1.60L_{FD} + 9.85$ 、 $X_s = -2.32L_{FD} + 21.62$ であり、ガス有害性試験の基準値 6.8 分に対して、それぞれ 1.90 と 6.37 で交わる。毒性

値 ≤ 1.90 のとき、平均行動停止時間は95%の確率で6.8分以上であり、ガス有害性試験に合格となり、 $6.37 \leq$ 毒性値のとき、平均行動停止時間は95%の確率で6.8分以下であり、ガス有害性試験に不合格となることが期待される。毒性値の算出を事前に行うことで、マウス試験の実施を削減することが可能になる。ガス有害性試験の実施は、 $1.90 \leq$ 毒性値 ≤ 6.37 のときに限られる(図3)。

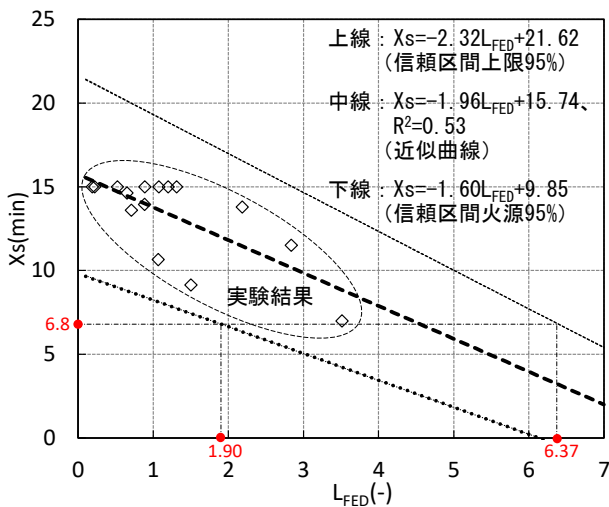


図2 平均行動停止時間 (X_s) と毒性値 (L_{FED}) の関係^{文3)}

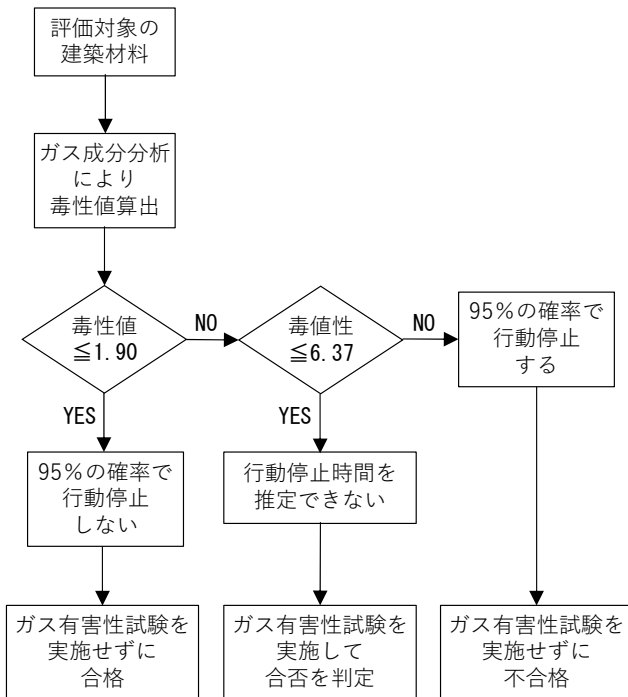


図3 提案する評価法の手順

IV まとめ

現行のガス有害性試験において、FTIR を使ってガス濃度計測を同時に行い、得られた各成分値を ISO で提案されている定式に当てはめ、毒性値を計算した。毒性値とマウスの行動停止時間を散布図に表し、統計的処理を行うことで、毒性値の値によりマウス試験の実施の可否を決定できる方法を提案した。

今後の課題として、サンプル数を増やして実験を行い、動物試験が必要となる毒性値の範囲を確定させる必要がある^{注3)}。また、試験方法の国際化も視野に、ISO で提案されているスモークチャンバー装置と FTIR を組み合わせた試験法についても、今回と同様の検討を行っていきいたい^{注4)}。ガス有害性試験自体の課題についても解決していく。

注

注1) 壁紙は準不燃石膏ボード標準板へでんぷん系接着剤で貼りつけた。ウレタンはフォーム材と違い、金属板に樹脂を塗布したものである。

注2) フォーム材、木材以外の試験体は加熱終了以前に燃え尽きている。

注3) 平成30年度～令和1年度課題「避難安全性を考慮したガス有害性試験の妥当な基準材選定に関する研究」では、基準材である赤ラワン材のほか、毒性の強い材料10種類を使ってガス有害性試験を実施した。

注4) 令和2年度～3年度課題「ガス有害性試験における動物使用見直しに向けたガス成分分析手法構築に関する研究」では、これまでの研究成果を踏まえ、日本国内のガス有害性試験の将来的な代替技術の候補として、ISO/TS19021:2018 (スモークチャンバー+FTIR) とガス有害性試験の結果を比較する予定である。

参考文献

- 1) ISO 13344-2004 Estimation of the lethal toxic potency of fire effluents
- 2) ISO 13571-2012 Life-threatening components of fire - Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires
- 3) 趙玄素: 燃烧生成ガスの毒性を考慮した避難安全設計手法の開発, 東京大学・工学系研究科, 博士論文, 2018